

**PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE FACHADA DE EDIFICIOS
RESIDENCIALES EXISTENTES Y ANÁLISIS DE MEDIDAS DE MEJORA PARA EL CUMPLIMIENTO
DE LA NORMATIVA ESPAÑOLA**
Autores: E. Cuerda (1), M. Pérez (2)

(1) Universidad Politécnica de Madrid. Grupo ABIO-UPM. email: e.cuerda@upm.es. tlf: +34 91 3363889
(2) Universidad Politécnica de Madrid. Grupo ABIO-UPM. email: marlix.perez@upm.es

RESUMEN

El sector de la edificación en la Unión Europea representa el 40% del total del consumo energético y por lo tanto, hoy en día la rehabilitación de los edificios para reducir su consumo energético resulta primordial. Con el fin de reducir la demanda energética de los edificios existentes, es fundamental conocer a fondo su comportamiento energético y así poder establecer las estrategias de mejora más apropiadas en cada caso. En este sentido el procedimiento desarrollado en este artículo permite clasificar los cerramientos de fachada de los edificios existentes y sirve de herramienta de ayuda para la toma de decisiones de los técnicos involucrados en los procesos de rehabilitación. Además se ha comprobado el cumplimiento de los tipos de fachada clasificados con la normativa vigente y futura española, en función de la zona climática en la que se encuentran, y en base a los resultados obtenidos se han propuesto una serie de mejoras que se evalúan en este artículo. Este método propuesto ha sido testado en un determinado barrio de Madrid y en un periodo de tiempo concreto, entre los años 1950 y 1980, pero puede ser aplicable a cualquier otra ciudad y periodo.

Palabras clave: rehabilitación energética; parque de edificios residenciales; clasificación de fachadas; comportamiento energético; medidas de mejora energética.

1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha constatado la importancia de la rehabilitación energética de los edificios en Europa [1]. Esto se debe a que aproximadamente el 40% del total del consumo energético se debe al sector de la edificación. En concreto la vivienda media española, tiene un consumo energético debido a la climatización (calefacción y refrigeración), que representa el 48% del total (iluminación, ACS, electrodomésticos, cocina y climatización) [2]. Por lo tanto el parque residencial español, construido en base a antiguas normativas caducas, tiene un gran potencial de ahorro de energía y se debe promover la reducción de la demanda energética de estos edificios con el fin de conseguir que sean más eficientes. El Ministerio de Economía y Competitividad, dentro del programa INNPACTO, ha financiado el proyecto de rehabilitación energética SHERIFF que tiene por objetivo desarrollar un Sistema Híbrido y Económico de Rehabilitación Integral y Flexible de Fachadas. La primera tarea del proyecto ha consistido en desarrollar un estudio preliminar de clasificación y catalogación energética de fachadas de edificios residenciales que se ha elaborado en base a estudios previos ya realizados [3,4]. Esta clasificación ha dado lugar al desarrollo de este artículo que tiene por objetivo conocer en profundidad cómo se han construido las fachadas con el fin de poder caracterizar el parque residencial existente y así poder proponer una serie de mejoras específicas en función del clima y la ubicación de los edificios existentes. Por esta razón el artículo está dividido en dos partes:

- Desarrollo de un procedimiento de clasificación de tipos de fachada existentes
- Propuesta de estrategias de mejora, para las fachadas clasificadas, para cumplir con la normativa vigente y futura.

El estudio se ha testado en distintos barrios de Madrid como caso de estudio, pero la metodología puede ser aplicable a cualquier ciudad.

2 PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN Y CATALOGACIÓN DE FACHADAS

Con el fin de facilitar la comprensión del procedimiento, éste se describe en base a un caso de estudio en el barrio Los Ángeles de Madrid donde se estaba desarrollando el proyecto SHERIFF y por lo tanto del que se tenía una mayor información.

2.1 Selección de periodo de estudio, barrio y tipos representativos de fachada.

Los expedientes de los edificios se solicitan habitualmente a las Administraciones Públicas y conseguir esta información suele ser un arduo trabajo. Además, el parque de edificios residenciales existentes en nuestro país es tan numeroso y variado, que resultó imprescindible hacer una acotación definiendo un periodo de estudio. La selección de un periodo de estudio permite a los investigadores poder profundizar en los sistemas constructivos de los edificios y en el comportamiento térmico de sus fachadas en función de las capas que las forman [5]. Primero se realizó un estudio de las etapas constructivas más representativas teniendo en cuenta: hitos en la normativa técnica española, datos obtenidos por el Instituto Nacional de Estadística y datos históricos relevantes. El periodo de estudio escogido fue entre los años 1950-1980 ya que en esa época se produjo un gran incremento de construcción de viviendas. En España, estas viviendas representan el 35% del total de viviendas construidas y ascienden al número de 8,5 millones [6]. Además en España en el año 1979, así como en otros países [7,8], después de la crisis del petróleo se aprueba la Norma Básica de Condiciones Térmicas en la Edificación en la que se limitan las características térmicas de la envolvente. Esta normativa marcó un claro antes y después en cuanto a la configuración de los cerramientos ya que se empezó a utilizar el aislamiento térmico.

La selección de barrios de estudio se realizó con el fin de identificar en cada uno de ellos los cerramientos más representativos de los edificios de viviendas en la época seleccionada. El criterio utilizado para esta selección fue escoger aquellos que tuvieran un mayor número de viviendas construidas durante el periodo escogido. Una vez escogidos los barrios se siguieron los siguientes pasos para identificar los tipos de fachada: descarga de planos de los distritos de Madrid con sus respectivos barrios [9], identificación de cada barrio dentro de los distritos para definir sus límites, identificar los tipos de fachada más representativos dentro de cada barrio, comprobación del año de construcción de los edificios para saber si pertenecen al periodo de estudio mediante consulta en el Catastro [10].

2.2 Consulta de expedientes en las Administraciones Públicas

Después de identificar los tipos de fachada más representativos en los 13 barrios estudiados, se solicitaron 200 expedientes de edificios en distintas Administraciones Públicas, de los cuales se obtuvo información relevante de un 34%. Los datos que se recogieron de cada expediente fueron los siguientes: distrito, barrio, año de construcción, disponibilidad de ascensor, número de plantas y descripción constructiva de la fachada, huecos y cubierta (incluyendo materiales, número de capas y espesor).

2.3 Clasificación y catalogación de tipos de fachada

El objetivo de esta tarea fue obtener un registro tipificado de cerramientos que nos permitiera relacionar la fachada clasificada con la intervención de rehabilitación energética apropiada para cada caso. La catalogación se realizó con los datos recogidos referentes a los aspectos constructivos de la parte opaca y la parte traslúcida de la fachada. Este proceso se hizo en 4 fases, buscando en cada una la simplificación de la anterior. En la primera se registraron todos los tipos de fachada encontrados en los expedientes consultados. En la segunda se definieron las características térmicas que permiten conocer el comportamiento del cerramiento (transmitancia térmica y factor solar) y se añadieron estos datos a cada tipo de fachada. En la tercera se calculó el porcentaje de cada tipo de fachada encontrado en la documentación consultada con el fin de identificar las más numerosas. Y en la cuarta fase se resumió la clasificación, seleccionando sólo aquellos tipos de fachada que se encontraron en la documentación consultada en un porcentaje superior a un 5%.

		%	U (W/m ² K)
F.1.1	1PIÉ MACIZO LCV	16	2,21
F.1.2	1PIÉ LHD ENFOSCADO	5	1,05
F.2.1	1PIÉ LCV MACIZO+ CA 3-6CM+TAB. LHS	7	1,22

F.3.1	1/2 PIÉ LCV MACIZO+CA 3-6CM+TAB LHS	37	1,49
F.3.2	1/2 PIÉ LCV MACIZO+CA 3-6CM+1/2 PIÉ LHD	7	1,30
F.4.1	1/2 PIÉ LCV MACIZO SILICO-CALCÁREO +CA 3-6CM+TABIQUE LHS	5	1,56

Tabla 1. Fase cuarta. Parte opaca del cerramiento. Tipos de fachadas encontrados en más de un 5% de los expedientes consultados.

		%	U (W/m ² K)	Factor solar g
VIDRIO				
V.1.1	VIDRIO SENCILLO	37	5.7	0.83*
V.2.1	VIDRIO DOBLE	47	3.3	0.75*
CARPINTERÍA				
C.1.1	MADERA DE PINO	16	2.0	-
C.2.1	METÁLICA: ALUMINIO O ACERO	76	5.7	-
PROTECCIONES SOLARES				
P.S.1	PERSIANAS	32	-	-
P.S.2	LAMAS	12	-	-
P.S.3	CELOSÍAS	9	-	-

Tabla 2. Fase cuarta. Parte traslúcida del cerramiento.

* Datos obtenidos de "soluciones de acristalamiento y cerramiento acristalado".2008. IDAE [11]

Una vez clasificados los tipos de fachada se hizo una simplificación en base a las transmitancias térmicas (Tabla 3, 4) definiendo unos rangos en los cuales se incorporaran los cerramientos analizados.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
U (W/m²K)	3,0	2,0-2,2	1,8-2,0	1,6-1,8	1,4-1,6	1,2-1,4	1,0-1,2	1,0

Tabla 3. Simplificación de la clasificación de los tipos de fachada (parte opaca) en función de rangos de transmitancia térmica

	Carpinterías	U _{H,m}	Vidrio	U _{H,v}	U _H
H1	Madera	2,2	Simple	5,7	4,5
H2	Madera	2,2	Doble	3,3	2,9
H3	Aluminio	5,7	Simple	5,7	5,7
H4	Aluminio	5,7	Doble	3,3	4,0

Tabla 4. Simplificación de la clasificación de los tipos de fachada (parte traslúcida) en función de rangos de transmitancia térmica

3 PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MEJORA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE Y FUTURA

El cumplimiento de la normativase ha dividido en dos apartados: primero se ha comprobado el cumplimiento de la normativa vigente del año 2013 [12] y después un supuesto de mejora del 25% respecto de esta. Este último se ha tenido en cuenta considerando que en los próximos años estos requisitos se irán incrementando en búsqueda de los Edificios de Consumo Casi Nulo. Cada uno de estos requisitos se ha dividido en las 5 zonas climáticas que se encuentran definidas en la normativa española (entre la A y la E).

	Exigencias CTE 2013					Mejora de 25% de CTE 2013				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Parte opaca	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57	0,70	0,62	0,55	0,50	0,43
Parte traslúcida	4,10	3,30	2,90	2,50	2,60	3,08	2,48	2,18	1,88	1,95

Tabla 5. Requisitos mínimos de transmitancia térmica exigido por la normativa vigente y futura

3.1 Medidas de mejora en la parte opaca de la fachada

Las medidas de mejora estudiadas en este caso han sido la incorporación de aislamiento térmico en la fachada[13] estudiando distintos espesores para las distintas zonas climáticas (de la A a la E).Las mejoras son las siguientes:

- Mejora O1: incorporación de 30mm de aislamiento por el exterior a la fachada original
- Mejora O2: incorporación de 40mm de aislamiento por el exterior a la fachada original
- Mejora O3: incorporación de 50mm de aislamiento por el exterior a la fachada original
- Mejora O4: incorporación de 60mm de aislamiento por el exterior a la fachada original

- Mejora O5: incorporación de 80mm de aislamiento por el exterior a la fachada original

A continuación se muestra en las tablas, cada tipo de cerramiento a la izquierda en gris con los valores de transmitancia térmica de cada uno. En cada columna de mejora propuesta, se recuadra el valor de la nueva transmitancia térmica (U) obtenida al aplicar la mejora, y el ancho de esta barra corresponde con el número de zonas climáticas para las que esa medida de mejora cumple con los requisitos exigidos. Los espacios en blanco indican que el cerramiento no cumple el requisito exigido en esa zona climática.

U fachada original		Mejora O1					Mejora O2					Mejora O3					Mejora O4					Mejora O5				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
F1	3	0,85					0,67					0,59					0,48					0,37				
F2	2,2	0,77					0,62					0,55					0,45					0,36				
F3	2	0,74					0,61					0,54					0,44					0,35				
F4	1,8	0,71					0,59					0,52					0,43					0,34				
F5	1,6	0,68					0,56					0,51					0,42					0,34				
F6	1,4	0,64					0,54					0,48					0,41					0,33				
F7	1,2	0,59					0,5					0,46					0,39					0,31				
F8	1	0,54					0,47					0,43					0,36					0,30				

Tabla 6. Requerimientos de transmitancia térmica de la normativa vigente para la parte opaca

U orig.		Mejora O1					Mejora O2					Mejora O3					Mejora O4					Mejora O5				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
F1	3						0,67					0,59					0,48					0,37				
F2	2,2						0,62					0,55					0,45					0,36				
F3	2						0,61					0,54					0,44					0,35				
F4	1,8						0,59					0,52					0,43					0,34				
F5	1,6	0,68					0,56					0,51					0,42					0,34				
F6	1,4	0,64					0,54					0,48					0,41					0,33				
F7	1,2	0,59					0,5					0,46					0,39					0,31				
F8	1	0,54					0,47					0,43					0,36					0,30				

Tabla 7. Requerimientos de transmitancia térmica de la normativa un 25% más exigente que la vigente para la parte opaca de cada tipo de fachada

3.2 Medidas de mejoras en la parte traslúcida de la fachada

Las mejoras que se estudian son las siguientes:

- Mejora I1: Cambio de carpinterías, sustitución por carpintería con rotura de puente térmico
- Mejora I2: Cambio de vidrio, sustitución por vidrio bajo emisivo
- Mejora I3: Cambio de carpintería y cambio de vidrio
- Mejora I4: Incorporación de doble ventana

Al igual que con la parte opaca del cerramiento, a continuación se muestran las tablas donde se puede comprobar el cumplimiento de cada normativa en función del tipo de hueco estudiado, la mejora aplicada y las zonas climáticas en las que se cumple dicha exigencia.

U orig.		Mejora I1					Mejora I2					Mejora I3					Mejora I4				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
H1	4,5						2,5					2,9					2,5				
H2	2,9	3,4					2,5					2,9					1,9				
H3	5,7						3,3					2,9					2,8				
H4	4,0	3,4					3,3					2,9					2,3				

Tabla 8. Requerimientos de transmitancia térmica de la normativa vigente para la parte traslúcida

U orig.		Mejora I1					Mejora I2					Mejora I3					Mejora I4				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
H1	4,5						2,5					2,9					2,5				
H2	2,9						2,5					2,9					1,9				
H3	5,7											2,9					2,8				
H4	4,0											2,9					2,3				

Tabla 9. Requerimientos de transmitancia térmica de la normativa un 25% más exigente que la vigente para la parte traslúcida de cada tipo de fachada

4 RECONOCIMIENTOS

Los autores quieren mostrar su agradecimiento al Grupo de Investigación ABIO-UPM y al Departamento de Construcción y Tecnologías Arquitectónicas de la Universidad Politécnica de Madrid. Este artículo se ha elaborado gracias al proyecto SHERIFF y al Ministerio de Economía y Competitividad de España que lo ha financiado. Agradecemos también a las distintas Administraciones Públicas (Archivo de la Villa, Gerencia de Urbanismo,) la ayuda mostrada en el uso de sus instalaciones y acceso a sus archivos.

5 CONCLUSIONES

Es posible realizar una catalogación de la composición constructiva de las fachadas de los edificios que han sido construidos en un periodo de tiempo determinado. La definición de este periodo y la selección de los barrios de estudio permitió mayor rigurosidad en el estudio de las fachadas pudiendo llegar a un conocimiento más profundo de las tipologías constructivas. La metodología desarrollada se testó en la ciudad de Madrid para comprobar que es aplicable a cualquier otra ciudad. Esta catalogación permite tener un conocimiento del comportamiento térmico de la envolvente de los edificios y así poder proponer las medidas de mejora más apropiadas para cada caso previamente a realizar la intervención de rehabilitación, por lo que puede ser de gran ayuda para los técnicos involucrados en este proceso. Una vez realizada la clasificación de las fachadas según su comportamiento térmico, se puede decir que el parque edificado actual tiene una gran necesidad y un importante potencial para ser rehabilitado.

Respecto a las estrategias de mejora y al cumplimiento de la normativa se pueden sacar las siguientes conclusiones. Comparando las tablas 3 y 5 se observa que ningún tipo de fachada existente cumple con los requisitos mínimos de la normativa vigente del 2103. En el caso de la parte traslúcida sólo el tipo H2 cumpliría en las zonas climáticas A, B y C en el caso de la normativa vigente, y sólo en la zona A en el supuesto más restrictivo propuesto. En el cumplimiento de las exigencias estudiadas, la influencia de la zona climática es muy decisiva a la hora de seleccionar el espesor del aislamiento necesario. La sustitución de carpinterías de madera por carpinterías metálicas, aunque estas últimas tengan rotura de puente térmico, no tienen ninguna repercusión positiva en el comportamiento térmico de los huecos, incluso tiene un efecto negativo. A medida que los requisitos mínimos van siendo más exigentes en la parte traslúcida, se puede valorar la repercusión de las mejoras estudiadas. La sustitución del vidrio por uno bajo emisivo, tiene mayor repercusión en los vidrios simples que en los dobles. También se ha comprobado que la mejora O4, que corresponde con la incorporación de la ventana, es la que mayor repercusión tiene en el cumplimiento de las exigencias mínimas de la normativa española en cualquiera de las dos variantes estudiadas (normativa vigente y futura).

Actualmente se está realizando un estudio de la reducción de la demanda energética que suponen cada una de las mejoras enumeradas mediante simulaciones energéticas en uno de los tipos de cerramiento clasificadas en el estudio.

6 REFERENCIAS

- [1] Dall'O, G. et al. *A methodology for evaluating the potential energy savings of retrofitting residential building stocks*. Sustainable Cities and Society, 2012, vol. 4, pp. 12-21.
- [2] De Luxán, M. et al. *Metodología de Evaluación para el Programa de Ayudas a las Actuaciones de Rehabilitación para la Mejora de la Sostenibilidad y Eficiencia Energética de las Edificaciones*. SB10mad, Sustainable Building Conference. 2010. Madrid, España.
- [3] Cuerda, E.; Neila, J.; *Procedimiento de análisis y evaluación para la rehabilitación térmica de cerramientos de fachada en edificios residenciales. Caso de estudio en el barrio Pinar del Rey, Madrid*. CONAMA (Congreso Internacional del Medio Ambiente). 2012.
- [4] Instituto Valenciano de Edificación. *Use of Building Typologies for Energy Performance Assessment of National Building Stock*. 2011. Spain. Disponible en: http://www.episcopo.eu/fileadmin/tabula/public/docs/scientific/ES_TABULA_Report_IVE.pdf (último acceso 10.3.13)

- [5]Dascalaki, E. et al. *Building typologies as a tool for assessing the energy performance of residential buildings. A case study for the Hellenic building stock*. Energy and Buildings, 2011, vol. 43, no.12, pp.3400-3409.
- [6]Gómez, G. *La rehabilitación hoy y su alcance frente a los nuevos retos*. Congreso Internacional Rehabilitación y Sostenibilidad. El futuro es posible. R+S=F. 2010.
- [7] Tommerup, H.;Svedsen, S. *Energy savings in Danish residential building stock*. Energy & Buildings, 2006, vol. 38, no. 6, pp. 618-626.
- [8] Theodoridou, I. et al. *A typological classification of the Greek residential building stock*. Energy & Buildings, 2011, vol. 43, no. 10, pp. 2779-2787.
- [9]Distritos de Madrid. Disponible en: <http://www.districtosdemadrid.com/mapa.php> (último acceso 3.9.12)
- [10] Dirección general del catastro. Disponible en: <http://www.sedecatastro.gob.es/> (último acceso 12.9.13)
- [11]Soluciones de acristalamiento y cerramiento acristalado".2008. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).
- [12]Código Técnico de la Edificación (CTE). Disponible en: <http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/>(último acceso 12.3.14)
- [13]Nemry et al. *Options to reduce the environmental impacts of residential buildings in the European Union—Potential and costs*. Energy & Buildings, 2010, vol. 7, no. 6, pp. 976-984.